

УДК 656.61.08

## Методика оценки неопределенности в планах судовых операций

В.И. Меньшиков<sup>1</sup>, А.Н. Папуша<sup>2</sup>, В.В. Ковальчук<sup>3</sup>, Д.И. Окуличев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Морская академия МГТУ, кафедра судовождения

<sup>2</sup> Политехнический институт МГТУ, кафедра механики сплошных сред  
и морского нефтегазового дела

<sup>3</sup> Институт экономики, управления и международных отношений МГТУ,  
кафедра информационных систем и прикладной математики

**Аннотация.** Предложена методика оценки неопределенности в разрабатываемых планах безопасного проведения судовых ключевых операций. При разработке данной методики использованы положения теории информационных процессов, а также вероятностные методы и энтропийные подходы к определению величины неопределенности. Приводится пример использования предложенной методики.

**Abstract.** The technique of evaluation of indeterminacy in developed plans for safe ship's key operations has been proposed. Regulations of informational processes theory as well as probabilistic methods and entropy approaches have been used for working out the technique. Some examples of its using have been given.

**Ключевые слова:** оценка неопределенности, энтропия, план судовой операции, судно

**Key words:** estimation of indeterminacy, entropy, plan of ship operation, vessel

### 1. Введение

Реализация требований безопасной эксплуатации транспортных и промысловых судов путем разработки планов проведения производственных операций начинается на первых этапах, когда технические решения (инновационные идеи или ноу-хау) превращаются в материальное управление, обеспечивающее безопасность судну, грузу, экипажу и окружающей среде. Такая разработка представляет собой достаточно сложный процесс, который должен сочетать в себе как научные, так и практические элементы. В этом процессе используются достижения науки и техники, опыт создания планов подобного класса, одновременно закладывается качество судовых технических средств, которые обязаны удовлетворять условиям безопасной эксплуатации судна.

Процесс разработки планов, обеспечивающих условия безопасной эксплуатации судов при выполнении судовых операций, как правило, происходит по этапам, когда новые идеи и технические решения последовательно превращаются в материальное управление, обеспеченное соответствующим техническим, организационным и человеческим ресурсом. При этом так же должна быть устранена неопределенность в части используемых в плане судовых операций параметров технических средств. В процессе разработки планов возникает необходимость в знании уровня неопределенности, закладываемой в план; параметры и характеристики технических средств, организационных мероприятий и человеческого элемента требуют подтверждения расчетно-теоретическими исследованиями, дополнительной проработкой или экспериментальной проверкой. Если этого не сделать, то могут возникнуть производственные и навигационные риски, приводящие к невыполнению требований по безопасной эксплуатации судна (Гладышевский и др., 2008).

Четких методик по определению величины неопределенности в планах судовых операций на этапах разработки не существует, т.к. эти стадии создания технологий управления состоянием судна практически не поддаются формализации. Поэтому оценка неопределенности при разработке судовых планов выполнения ключевых операций может быть дана лишь с помощью экспертов – специалистов компании в береговых подразделениях на основании имеющегося у них опыта. Однако не следует исключать и тот вариант, когда роль экспертов исполняют судовые специалисты (капитаны судов, старшие механики), непосредственно реализующие такие планы и отвечающие за безопасную эксплуатацию судна.

Целью нашего исследования является разработка экспериментального метода определения величины неопределенности в планах судовых операций, направленного на её снятие.

## 2. Методика расчета энтропии при реализации показателей создаваемого плана судовой операции

Величина неопределенности, вносимая в планы судовых операций, обладает вероятностным характером, поскольку каждый эксперт имеет свое мнение. Это обстоятельство позволяет использовать отдельные положения теории информационных процессов и, в частности, вероятностные методы и энтропийные подходы к определению величины неопределенности. Так, использование понятия энтропии при оценке неопределенности в реализации показателей создаваемого плана судовой операции связано с понятием количества информации как меры снятия неопределенности.

Если принятый параметр  $x_j$  по оценке экспертов, число которых  $j = 1, 2, k$ , имеет вполне определенное значение  $x_{ij}$ , то за меру его неопределенности при реализации плана судовой операции можно принять следующую величину энтропии:

$$H_i = -\sum_{j=1}^k x_{ij} \ln x_{ij}. \quad (1)$$

В связи с тем, что для всех  $j$  справедливо неравенство  $0 < x_{ij} < 1$ , то величина  $x_{ij}$  будет неотрицательной величиной. При этом  $\ln x_{ij}$  всегда имеет отрицательное значение, поэтому в формуле (1) появился знак "минус". Для ориентации экспертов при выполнении оценки величин  $x_{ij}$  можно рекомендовать использование вербально-числовой шкалы Харрингтона.

Если, например, один из экспертов, на каком-то этапе разработки плана судовой операции дал оценку вероятности реализации параметра  $x_{ij}$ , равную единице ( $x_{ij} = 1$ ), то энтропия  $H_i = 0$  – неопределенность отсутствует (по мнению эксперта).

Групповое экспертное решение определится следующим образом. При условии равноправности экспертов

$$H_{ij} = (1/k) \sum_{j=1}^k H_{ij}, \quad (2)$$

а с учетом компетентности, объективности и информированности эксперта

$$H^*_{ij} = (1/k) \sum_{j=1}^k b_j H_{ij}, \quad (3)$$

где  $b_j$  – весовой коэффициент компетенции эксперта в группе при условии  $b_j < 1$ .

Далее определяется величина энтропии  $H^*_{i\Sigma}$ , определяющая влияние  $i$ -го параметра на выполнение разработки судового плана операции в целом (с учетом  $b_j$ ):

$$H_{i\Sigma} = -\sum_{j=1}^k b_j p_{ij} \ln p_{ij}, \quad (4)$$

где  $p_{ij}$  – вероятность влияния  $i$ -го параметра на выполнение разработки по мнению  $j$ -го эксперта (эти величины задают эксперты, учитывая установленное время разработки плана операции и затраты на ее проведение).

В дальнейшем следует оценить усредненную величину энтропии  $H^*_{i\Sigma}$  – влияние  $i$ -го параметра на выполнение разработки плана судовой операции:

$$H^*_{i\Sigma} = H^*_{i\Sigma} / k. \quad (5)$$

В заключение предложенной методики оценки величину энтропии составленного плана судовой операции в целом можно найти по следующей формуле:

$$H_{\Sigma} = (1/n) \sum_{i=1}^n H_{i\Sigma}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

В данной методике оценки энтропии при разработке планов судовых операций выходными величинами являются значения  $H^*_{ij}$  и  $H_{\Sigma}$ . Так, значения  $H^*_{ij}$  характеризуют неопределенность разработки плана судовой операции относительно  $i$ -го параметра, а величина  $H_{\Sigma}$  позволяет выбрать оптимальный (рациональный) вариант выполнения плана для заданных исходных требований.

## 3. Пример использования методики расчета величины энтропии в плане судовой операции

Для иллюстрации предложенной методики был использован план проводки нефтеналивных судов в один из портов Северного бассейна. При экспертной оценке вероятности реализуемости параметров плана  $x_{ij}$  и оценки вероятности влияния этого параметра  $p_{ij}$  на план проводки судов было привлечено четыре эксперта, которым было предложено оценить пять основных параметров этого плана. Кроме того, при реализации предложенной методики были приняты коэффициенты компенсации экспертов. Принятые при обработке коэффициенты компенсации  $b_j$  представлены в табл. 1.

Таблица 1. Коэффициенты компенсации  $j$ -го эксперта

$j$			
1	2	3	4
0,90	1,00	0,96	1,00

Численные величины оценок, выставленных экспертами, приведены соответственно в табл. 2 и табл. 3.

Таблица 2. Вероятность реализации  $i$ -го параметра плана  $x_{ij}$  (по мнению  $j$ -го эксперта)

$i$	$j$			
	1	2	3	4
1	0,90	0,80	0,85	0,96
2	0,96	0,85	0,90	0,96
3	0,85	0,75	0,90	0,90
4	0,70	0,65	0,75	0,80
5	0,75	0,70	0,80	0,85

Таблица 3. Вероятность влияния  $i$ -го параметра плана  $p_{ij}$  (по мнению  $j$ -го эксперта)

$i$	$j$			
	1	2	3	4
1	0,80	0,75	0,85	0,90
2	0,60	0,70	0,75	0,66
3	0,90	0,70	0,85	0,80
4	0,70	0,80	0,85	0,75
5	0,85	0,90	0,85	0,80

В соответствии с формулой (1) будем иметь:

$$H_1 = 0,497; H_2 = 0,316; H_3 = 0,508; H_4 = 0,867; H_5 = 0,730.$$

Проведя усреднение по формуле (3), получим:

$$H^*_{1\sigma} = 0,497; H^*_{2\sigma} = 0,316; H^*_{3\sigma} = 0,508; H^*_{4\sigma} = 0,867; H^*_{5\sigma} = 0,730.$$

Оценивая энтропию по формуле (4), найдем:

$$H_{1\sigma} = 0,616; H_{2\sigma} = 1,105; H_{3\sigma} = 0,532; H_{4\sigma} = 0,761; H_{5\sigma} = 0,532.$$

Усредняя эти результаты по формуле (5), получим:

$$H^*_{1\sigma} = 0,152; H^*_{2\sigma} = 0,276; H^*_{3\sigma} = 0,133; H^*_{4\sigma} = 0,190; H^*_{5\sigma} = 0,133.$$

Используя формулу (6), окончательно определим величину энтропии плана лоцманской проводки судов:  $H_{\Sigma} = 0,177$ .

#### 4. Заключение

Таким образом, использование теории информационных процессов, её вероятностных методов и энтропийного подхода позволило выделить конкретную последовательность определения численного значения неопределённости в плане судовой операции, а также произвести ее наглядный расчет. Отметим, что при разработке плана судовой операции следует оценить энтропию существующего плана, а затем определить энтропию разрабатываемого плана. Это позволяет дать оценку в относительных величинах снятия неопределенности как в целом по плану (из исходного в конечное состояние) и его этапам, так и по техническим показателям будущего плана судовой операции. Сравнивая возможные варианты будущего плана, можно при заданном уровне критериев произвести отбор вариантов плана (его параметры и характеристики). Этот этап процесса разработки планов судовых операций можно назвать его концептуальной разработкой. Критерием выбора варианта плана судовой операции может являться реализуемость параметров и характеристик будущего плана, в том числе с учетом возможных угроз (рисков).

#### Литература

Гладышевский М.А., Пасечников М.А., Пеньковская К.В. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна. Под общ. ред. В.И. Меньшикова. Мурманск, МГТУ, 212 с., 2008.